

## OPTICAL MODULE

**Publication number:** JP2002148492

**Publication date:** 2002-05-22

**Inventor:** TATO NOBUYOSHI; IWAMOTO HIROMI; HIROSE TAKAAKI

**Applicant:** SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES

**Classification:**

- international: **G02B1/02; G02B5/30; G02B6/42; H01S5/022; H01S5/00; G02B1/00; G02B5/30; G02B6/42; H01S5/00; (IPC1-7): G02B6/42; G02B5/30; H01S5/022**

- European: **G02B1/02; G02B5/30R; G02B6/42C3; G02B6/42C4; H01S5/022**

**Application number:** JP20010146889 20010516

**Priority number(s):** JP20010146889 20010516; JP20000265418 20000901

**Also published as:**



US6588948 (B2)

US2002044748 (A1)

KR20020018578 (A)

CA2355159 (A1)

**Report a data error here**

### Abstract of JP2002148492

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide an optical module which is easily manufactured, has high reliability and a small polarized light extinction ratio, and has a window structure without the deformation of the polarization plane of a light beam to be transmitted. **SOLUTION:**

The optical module has a casing and a joint part which has a light transmissive window structure using a sapphire plate fixed to the casing. The window of a sapphire is formed so as to satisfy the following relational expressions (1) to (4) between an angle  $\psi$  formed by the C axis of the sapphire and the polarization plane of a light beam and an angle  $\theta$  formed by the C axis of the sapphire and the optical axis. In the following expressions,  $\omega$  is a principal refractive index of the sapphire,  $\epsilon$  is a subrefractive index, and  $\lambda$  is the wavelength of a transmitted light beam and  $d$  is the thickness of the window plate. (1)  $n = \omega / (\omega^2 \cos^2 \theta + \epsilon)$ ; (2)  $\delta = 2\pi d(\omega - n) / \lambda$ ; (3)  $\tan \beta = [(\sin^2 \psi \sin^2 \delta)^{1/2} - 1] / \sin^2 \psi \sin \delta$ ; (4)  $-30 \leq \log(\tan \beta) \leq +20$ .

$$(3) \tan \beta = \frac{\sqrt{(\sin^2 \psi \sin^2 \delta + 1)} - 1}{\sin^2 \psi \sin \delta}$$

Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide



(19) 日本国特許庁 (J P)

## (12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-148492

(P2002-148492A)

(43) 公開日 平成14年 5 月22日 (2002. 5. 22)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テマコード <sup>*</sup> (参考)
G 0 2 B	6/42	G 0 2 B	2 H 0 3 7
	5/30		2 H 0 4 9
H 0 1 S	5/022	H 0 1 S	5 F 0 7 3

審査請求 有 請求項の数 7 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願2001-146889(P2001-146889)  
 (22) 出願日 平成13年 5 月16日 (2001. 5. 16)  
 (31) 優先権主張番号 特願2000-265418(P2000-265418)  
 (32) 優先日 平成12年 9 月 1 日 (2000. 9. 1)  
 (33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000002130  
 住友電気工業株式会社  
 大阪府大阪市中央区北浜四丁目 5 番33号  
 (72) 発明者 田邊 伸好  
 兵庫県伊丹市昆陽北一丁目 1 番 1 号 住友  
 電気工業株式会社伊丹製作所内  
 (72) 発明者 岩本 博実  
 兵庫県伊丹市昆陽北一丁目 1 番 1 号 住友  
 電気工業株式会社伊丹製作所内  
 (74) 代理人 100078994  
 弁理士 小松 秀岳 (外 2 名)

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光モジュール

(57) 【要約】

【課題】 製造が容易で、信頼性が高く、偏光消光比が小さく、伝送する光の偏光面の崩れのない窓構造を有する光モジュールを提供する。

【解決手段】 本発明の光モジュールは、筐体と、筐体に固定された、サファイア板を用いた光透過型窓構造を有する接合部とを有する。サファイアの窓は、サファイアの C 軸と光の偏光面のなす角度  $\psi$  と、サファイアの C

軸と光軸とのなす角度  $\theta$  との間に、次の関係式 (1) ~ (4) が成立するように形成される。下式において、 $\omega$  はサファイアの主屈折率、 $\varepsilon$  は副屈折率、 $\lambda$  は透過光の波長、 $d$  は窓板の厚さである。

$$(1) n = \omega \varepsilon / \sqrt{(\omega^2 \cos^2 \theta + \varepsilon^2 \sin^2 \theta)}$$

$$(2) \delta = 2 \pi d (\omega - n) / \lambda$$

【数 1】

$$(3) \tan \beta = \frac{\sqrt{(\sin^2 2\phi \sin^2 \delta + 1)} - 1}{\sin 2\phi \sin \delta}$$

$$(4) -30 \leq +20 \log (\tan \beta)$$

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 光モジュールであって、

筐体と、

上記筐体に固定された、サファイア板を用いた光透過型窓構造を有する接合部とを有し、光軸から見てサファイアのC軸と直線偏光である光の偏光面とのなす角度 $\psi$ と、サファイアのC軸と光軸とのなす角度 $\theta$ との間に、

$$(3) \tan \beta = \frac{\sqrt{(\sin^2 2\phi \sin^2 \delta + 1)} - 1}{\sin 2\phi \sin \delta}$$

(4)  $-30 \leq +20 \log (\tan \beta)$ 

ただし、

 $\omega$ : サファイアの主屈折率 $\varepsilon$ : サファイアの副屈折率 $\lambda$ : 透過光の波長 $d$ : サファイア板の厚さ

【請求項2】 上記サファイア板の厚さ $d$ が0.28mmであり、 $N$ を整数としたとき、上記角度 $\psi$ と、上記角度 $\theta$ との間に、次の(5)～(7)のいずれか一つの関係式が成立することを特徴とする請求項1に記載の光モジュール。

(5)  $6 \text{度} \leq \theta \leq 10 \text{度}$  かつ  $(90N-9) \text{度} \leq \psi \leq (90N+9) \text{度}$

(6)  $2 \text{度} \leq \theta < 6 \text{度}$  かつ  $(90N-32) \text{度} \leq \psi \leq (90N+32) \text{度}$

(7)  $10 \text{度} < \theta \leq 14 \text{度}$  かつ  $(90N-5) \text{度} \leq \psi \leq (90N+5) \text{度}$

【請求項3】 さらに、偏光保持ファイバーを少なくとも1本有することを特徴とする請求項1又は2に記載の光モジュール。

【請求項4】 さらに、半導体レーザ素子、半導体光増幅素子及び異方性光学材料を用いた光導波路素子のいずれか一つを有することを特徴とする請求項1～3のいずれか一項に記載の光モジュール。

【請求項5】 さらに、四分の一波長板を有することを特徴とする請求項1～4のいずれか一項に記載の光モジュール。

【請求項6】 上記筐体の外側に、特定の波長の光を反射する反射機構を有していることを特徴とする請求項1～5のいずれか一項に記載の光モジュール。

【請求項7】 上記 $N$ が0又は偶数であることを特徴とする請求項2～6のいずれか一項に記載の光モジュール。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、光通信に用いられる光モジュール、特に気密性が高く、伝送する光の偏光面の崩れのない光モジュールに関する。

【0002】

【従来の技術】 近年発達の著しい光通信の分野では、光

次の関係式(1)～(4)が成立することを特徴とする光モジュール。

$$(1) n = \omega \varepsilon / \sqrt{(\omega^2 \cos^2 \theta + \varepsilon^2 \sin^2 \theta)}$$

$$(2) \delta = 2\pi d (\omega - n) / \lambda$$

【数1】

信号を確実に伝達するために、光モジュールの気密性が重要視されている。それは、光モジュール内部が高温高湿状態となると、その内部に配置された光半導体素子の電極部が劣化することと、内部に侵入した水分が結露して光半導体素子の光学特性が劣化し、10年以上の光半導体素子の寿命を保証できなくなることによる。

【0003】ところで、光モジュールは、内部の光半導体素子と外部の光ファイバーを、レンズを使用して光学的に結合する役割がある。光モジュールの気密性を確保したままこの光学系を維持するために、光半導体気密封止容器には、光透過型の窓構造を採用している。

【0004】光モジュール用の筐体(気密封止容器)の窓材には、透光性に優れており、かつ、強度も高いことから、サファイアがよく使用されている。特開平8-148594号では、光透過型の窓にサファイアを使用した光モジュール用の筐体の基本構造と製造方法について開示されている。この筐体の窓構造について、特開平8-148594号では、光軸とサファイアのC軸との関係が述べられている。ここでは、スネルの法則に従って屈折する光軸と窓板のC軸とを一致させて、光の複屈折を生じさせない、即ち光の偏光面が回転しないような窓構造が提案されている。

【0005】特開平11-54642号では、窓板に硼珪酸ガラスを使用した光モジュールの窓構造が提案されている。硼珪酸ガラスは、安価であり、かつ、透光性についてはサファイアよりも優れている。さらに、硼珪酸ガラスは等方的材料であって光の複屈折を生じない材料である。しかし、硼珪酸ガラスは熱等の応力によって弾性歪みが生じるために透過する光の偏光面が崩れるという問題点があった。しかし、特開平11-54642号に開示されているように、ガラスに均一に応力をかけることで光の偏光面の崩れは小さくでき、その際は、光の偏光面の崩れの指標となる、後述する偏光消光比が-40dB程度と小さくなって実使用上問題にならないことが分かった。

【0006】ここで、光の偏光面の崩れは、次のような偏光消光比で表されるのが一般的である。クロスニコルの実験系において、光射出側の偏光子を光入射側に対して90度回転させたとき、最大となる光強度を $I_{\max}$ 、最小の光強度を $I_{\min}$ とすると、偏光消光

比は  $10 \times \log_{10} (I_{\min} / I_{\max})$  で定義される。したがって、偏光消光比が小さいほど光の偏光面の崩れが小さいことを示している。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】近年、光通信における高密度波長多重技術と高速化技術の高度化に伴い、伝送する光の偏光面を維持することと、その波長の均一性を確保することが大きな課題となっている。このうち、後者を解決するには、光ファイバグレーティング等の、気密封止容器の外に光ファイバを介した外部共振器構造を形成することが望ましいが、この場合にも光の偏光面の維持が必要となる。このとき必要となる偏光面の維持程度は、上述した偏光消光比で  $-30\text{ dB}$ 、すなわち  $I_{\max}$  が  $I_{\min}$  の1000倍を上回る程度であり、上記の従来技術では達成できない厳しい条件となっていた。

【0008】さらに、窓板にサファイアを用いた上記の従来技術では、光軸とサファイアのC軸との好ましい関係を成立させるために次のような方法を用いなければならない。すなわち、C軸に対し垂直に切り出したサファイア板を用いて、光軸に対しそのサファイア板を垂直に配置して光軸とC軸を一致させるか、そうでない場合には、わざわざC軸に対して特定の角度を有するサファイア板を研磨して作製し、さらに光軸に対してそのサファイア板のC軸位置を厳密に位置合わせすることが必要であった。前者の場合には、入射側に反射戻り光が発生

$$(3) \tan \beta = \frac{\sqrt{(\sin^2 2\phi \sin^2 \delta + 1)} - 1}{\sin 2\phi \sin \delta}$$

$$(4) -30 \leq +20 \log (\tan \beta)$$

ただし、

$\omega$  : サファイアの主屈折率

$\varepsilon$  : サファイアの副屈折率

$\lambda$  : 透過光の波長

$d$  : サファイア板の厚さ

【0012】さらに本発明によれば、上記の光モジュールであって、サファイアの板厚が0.28mmのときに、 $N$ を整数としたとき、上記の角度 $\psi$ と上記の角度 $\theta$ との間に次の(5)～(7)のいずれか一つの関係式が成立していることを特徴とする光モジュールが提供される。

$$(5) 6^\circ \leq \theta \leq 10^\circ \quad \text{かつ} \quad (90N - 9)^\circ \leq \psi \leq (90N + 9)^\circ$$

$$(6) 2^\circ \leq \theta < 6^\circ \quad \text{かつ} \quad (90N - 32)^\circ \leq \psi \leq (90N + 32)^\circ$$

$$(7) 10^\circ < \theta \leq 14^\circ \quad \text{かつ} \quad (90N - 5)^\circ \leq \psi \leq (90N + 5)^\circ$$

【0013】まず、サファイアのC軸と光の偏光面とのなす角度 $\psi$ 、及び、サファイアのC軸と光軸とのなす角度 $\theta$ を図2を用いて説明する。図2(A)において、実

し、光モジュールには適さない。後者の場合には、厳密な位置合わせが難しく、角度を正確に固定して窓部分を製造することは困難であった。

【0009】また、窓板に硼珪酸ガラスを用いた場合でも、硼珪酸ガラスは強度が弱いという欠点がある。したがって、硼珪酸ガラスの窓板は、より過酷な条件下で使用するには適しておらず、実使用において不十分な材料であった。実際、海底ケーブル用の超高信頼性が要求される分野での使用はいまだ避けられているのが現状である。

【0010】そこで、本発明では、製造が容易で、機械的強度があり、偏光消光比が小さくて偏光面の崩れのない窓構造を有する光モジュールを提供することを目的とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】本発明によれば、筐体と、上記筐体に固定された、サファイア板を用いた光透過型窓構造を有する接合部とを有し、光軸から見てサファイアのC軸と直線偏光である光の偏光面とのなす角度 $\psi$ と、サファイアのC軸と光軸とのなす角度 $\theta$ との間に、次の関係式(1)～(4)が成立することを特徴とする光モジュールが提供される。

$$(1) n = \omega \varepsilon / \sqrt{(\omega^2 \cos^2 2\theta + \varepsilon^2 \sin^2 2\theta)}$$

$$(2) \delta = 2\pi d (\omega - n) / \lambda$$

【数2】

線の矢印は光軸を表し、その矢印の方向は光の進行方向である。図2(A)の中央の長方形は、サファイア板の断面であり、破線の矢印はサファイア結晶のC軸を表している。サファイア板は、C軸に垂直になるよう切り出され研磨されている。この図に示すように、光軸とサファイアのC軸とのなす角が $\theta$ である。図2(B)は、(A)を入射光側から見た図であり、円形のサファイア板が示され、光軸は紙面に垂直となっている。図2(B)の実線の両矢印は、入射光の偏光方向を示している。図2(B)の破線の矢印はサファイア結晶のC軸の紙面(光軸に対して垂直な面)への投影を示しており、実際のC軸は $\theta$ 分だけ紙面から斜め上方に向かっていく。図2(B)に示すように、このC軸の投影と光の偏光方向とのなす角が $\psi$ である。

【0014】サファイアのように一軸性の結晶では、光軸と結晶のC軸を一致させると複屈折は起きなくなり、入射光の偏光面が回転することなく維持される。しかし、前述のように反射戻り光の影響があったり、製造上の困難があったりする。一方で、本発明者らは、実験により、入射光が直線偏光であれば、入射光の光軸とサファイアのC軸とを一致させずとも、入射光の偏光面とC

軸のなす角度を0とし、両者を同一面とすることで複屈折は生じなくなることを確認した。加えて、光通信の分野で必要な十分条件である偏光消光比 $-30\text{ dB}$ を確保するには、やはり光の偏光面とC軸を同一面とすればよいことが分かった。ところが、この光の偏光面とサファイアのC軸を厳密に同一面とすることは、筐体を製造する上で大変困難である。

【0015】そこで、本発明者らは研究の結果、入射光の光軸とサファイアのC軸とのなす角度 $\theta$ 、入射光の偏光面とサファイアのC軸とのなす角度 $\psi$ 、サファイアの主屈折率 $\omega$ 、サファイアの副屈折率 $\varepsilon$ 、透過光の波長 $\lambda$ 及びサファイア板の厚さ $d$ を用いて、直線偏光のみを扱う場合に、透過光の偏光消光比を確度を高く記述できる近似式を得ることに成功した。それが前述の(1)～

(3)及び(4)の右辺の式である。図4～6のグラフはそれぞれ、 $d$ を変えたときの偏光消光比の実測値及び計算値の $\theta$ 及び $\psi$ に対する依存性を示している。これらのグラフから、実測値と近似式を用いた計算値がよく一致していることが分かる。

【0016】さらに、試作実験の結果、本発明者らは望ましい偏光消光比を得られる最適な範囲を見出した。上記(4)の不等式、及び $d$ が $0.28\text{ mm}$ のときの

(5)～(7)の関係式がその最適範囲である。すなわち、入射光の光軸とサファイアのC軸とが一致していなくとも、その光の偏光面とC軸とのなす角度を小さく抑えることにより、偏光消光比 $-30\text{ dB}$ 以下の条件を満足することができる。逆に、入射光の偏光面とサファイアのC軸の角度を大きくとって製造しやすくしても、入射光の光軸とC軸との角度を小さく抑えることにより、 $-30\text{ dB}$ 以下の条件を満足することができる。(4)が成立するとき、サファイア板の厚さ $d$ は、 $0.3\text{ mm}$ 以下が好ましい。後述する実施例では、厚さ $0.28\text{ mm}$ のサファイア板を用いた。

【0017】また、半導体レーザを使用して、本発明の光モジュールに偏光保持(PANDA)ファイバーを接続することによって、直線偏光の偏光面をさらに正確に、高度に保ったまま光を伝送することができる。この場合には、光ファイバーアンプに必要な複数の励起光を偏波合成して、効率よく光ファイバーアンプを使用することができる。したがって、伝送する光信号の効率的な増幅が可能である。また、本発明の光モジュールとともに光通信に用いられるアイソレータの構造を簡略化することが可能で、低コスト化も可能となる。

【0018】また、本発明の光モジュールを用い、異方性光学材料であるLNで作製した変調器では、窓の偏光消光比が小さいために、LN変調器内部で生じる複屈折を抑制することが可能で、 $S/N$ 比のよい光信号を得ることができる。

【0019】また、本発明の光モジュール内部に半導体レーザを装着して用いると、窓の外に接続するアイソレ

ータでの光損失を抑制することができる。

【0020】さらに、本発明の光モジュールは、四分の一波長板( $\lambda/4$ 板)を備えていてもよい。従来、半導体光増幅器では、増幅特性に偏波依存性が生じることが問題であった。しかし、光モジュールへの入射光を $\lambda/4$ 板によって直線偏光とした後で、本発明の光モジュールを用いた半導体光増幅器を用いれば、偏波依存性がなく増幅特性を向上させることができる。 $\lambda/4$ 板の挿入によって直線偏光を得た後、偏光面をサファイアのC軸に対して位置合わせして、さらに $\lambda/4$ 板をYAG溶接すると、半導体光増幅器の増幅特性はさらに向上させることができる。したがって、その半導体光増幅器を利用した波長変換素子や高速動作可能な光-光スイッチング素子のインサクションロスを低減させ、 $S/N$ 比のよい光信号を得ることができる。

【0021】さらにまた、本発明の光モジュールの外側に、選択的に特定の波長を反射する反射機構、例えば光ファイバグレーティングを設けることにより、光モジュール内部の光素子と共振させることができる。このときに窓の複屈折によって生じる光信号の発振モードの乱れを抑制することが可能となり、さらに光信号のロスも小さくできるので、信号の光強度が増す。

【0022】上記の関係式(5)～(7)において、 $N$ を0又は偶数にすると、光をサファイア板に入射した際、サファイアの分極による吸収が生じなくなる。そのため、サファイア板の透過率がよくなり、光信号を損失することなく伝送できる。

【0023】

【発明の実施の形態】

【実施例】1) 光半導体気密封止容器の作製

本実施例では、サファイアのC軸と光の偏光面とのなす角度 $\psi$ と、光軸とC軸のなす角度 $\theta$ との間に次の関係式が成り立つように、本発明の光モジュールの一形態として、光半導体気密封止容器を以下のように作製した。 $N$ は、0とした。

$6\text{度} \leq \theta \leq 10\text{度}$  かつ  $(90N-9)\text{度} \leq \psi \leq (90N+9)\text{度}$

【0024】作製した光半導体気密封止容器の窓部の概略構成を図1に示す。気密封止容器1は、底板5と、容器側壁2とで全体が構成される。容器側壁2には筒状部3が設けられ、その中に円形のサファイア板4がはめ込まれている。サファイア板4に対応する容器側壁2部分は、円形に切り取られており、筒状部3とサファイア板4は光透過型の窓を構成している。

【0025】光半導体気密封止容器1は、底板5をコパール、容器側壁2をコパール、光透過型の窓の筒状部3のパイプにもコパールを用いて、銀鍍付けにより作製した。これに、端子部はコパールのピンを低融点ガラスにて封止した構造のものに、ニッケル金メッキを施して用いた。容器側壁2には、サファイア板4をはめ込むため

に、筒状部3として側壁に対して $\theta$ の角度面を有するパイプを、 $\theta$ の角度面が入射光の偏光面に対して $\psi$ だけ傾くように銀鍍付けした。実際には、容器側壁2に円筒形の穴をあけて、円柱形のパイプをはめ込み、カーボン治具で位置合わせした。用いたサファイア板の厚さは0.28mmであり、そのサファイアの屈折率はC軸に沿って1.7679、C軸に垂直な面では1.7596であった。サファイア板4の表面は、C軸に垂直であるものを使用した。実際にはC軸に角度ずれがあるために、カーボン治具は $\theta$ と $\psi$ が小さく取れるように設計した。サファイアには、MgFのARコートを実施した。ここで、コーティングは、MgF以外に、TiOとSiOの多層膜を用いてもよい。 $\theta$ がブリュースター角である場合には、 $\psi$ を小さく、0度に近づければ、サファイア板にARコートを施さなくてもよい。サファイア板上のメタライズは、サファイア側からTi/Pt/Auであった。サファイア板は、AuSn鍍材で、気密封止容器1に封止接合した。

#### 【0026】2) 偏光消光比の測定

上記のように作製した光半導体気密封止容器について、 $\theta$ と $\psi$ をパラメータとし、光信号がサファイア板の窓を通過した後の偏光消光比を求めた。ここで、LD光は $\lambda$ が1.48 $\mu\text{m}$  (0.00148mm)の光を使用した。その結果を図6のグラフに示す。このグラフから、実測値と近似式を用いた計算値がよく一致していることが分かる。さらに、 $\psi$ と $\theta$ の範囲を明確に示すために、図3のグラフを示した。図3において、横軸は $\psi$ 、縦軸は $\theta$ 、グレーの濃淡の領域は偏光消光比を示している。偏光消光比は、 $\psi$ に対して90度の周期性があり、最大点及び最小点は90度ごとに繰り返されている。グレーの濃淡で示した各領域のうち、 $\psi$ が45度のときは、偏光消光比はどの角度の $\theta$ においても最大値をとり、 $\psi$ が0度及び90度のときは、偏光消光比はどの角度の $\theta$ においても最小値をとることが分かった。 $\psi$ を、0度から半周期である45度ずつずらしてゆくと、偏光消光比の最大と最小は入れ替わる。偏光消光比が最大となる、 $\psi$ が0度及び90度の付近では、 $\theta$ が大きくなっても偏光消光比はあまり変動しない。しかし、偏光消光比が最小となる $\psi$ が45度及び135度付近では、 $\theta$ の変動によって偏光消光比が大きく変動する。光通信に要求される偏光消光比-30dB以下となる $\theta$ 及び $\psi$ の範囲は、次のとおりであった。

$6^\circ \leq \theta \leq 10^\circ$  かつ  $(90N-9)^\circ \leq \psi \leq (90N+9)^\circ$

$2^\circ \leq \theta < 6^\circ$  かつ  $(90N-32)^\circ \leq \psi \leq (90N+32)^\circ$

$10^\circ < \theta \leq 14^\circ$  かつ  $(90N-5)^\circ \leq \psi \leq (90N+5)^\circ$   
(Nは整数)

【0027】また、 $\psi$ が0度と90度のときの窓を透過

する光の強度を比較したところ、 $\psi$ が0度のときの方が0.2dB光強度が大きくなった。したがって、本実施例で光半導体気密封止容器を作製する際、Nを0としたことによって、サファイア窓の透過率が向上したことが分かった。

【0028】3) PANDAを接合した光モジュール  
上述のように作製した光半導体封止容器の外部に、偏光保持ファイバー(PANDA)を一本YAG接合させて、光モジュールを作製した。本発明の光モジュールを用いることにより、直線偏光を高度に保ったまま光信号を伝送することができた。さらに、光ファイバーアンプに必要な複数の励起光を偏波合成して、効率よく光ファイバーアンプを使用することができた。同時に、アイソレータの構造を簡略化することができた。

#### 【0029】

##### 4) 半導体レーザ素子を装着した光モジュール

上述のように作製した光半導体封止容器に半導体レーザ素子をハイブリッド集積した。本発明の光半導体封止容器を使用したことにより、窓の外に接続したアイソレータでの光損失を抑制できた。

#### 【0030】5) 異方性光学材料を用いた光導波路素子を装着した光モジュール

上述のように作製した光半導体封止容器を用いて、マッハテンダー型の素子を装着し、異方性光学材料であるLNを用いた変調器を作製した。本発明の光半導体封止容器を用いたことにより、LN変調器内部で生じる複屈折を抑制でき、S/N比のよい光信号を得ることができた。

#### 【0031】

##### 6) 半導体光増幅素子を装着した光モジュール

上述のように作製した光半導体封止容器に半導体光増幅素子をハイブリッド集積し、半導体光増幅器を作製した。この半導体光増幅器のサファイア板の窓の外側には、さらに、 $\lambda/4$ 板を装着した。光ファイバーからの入射光を $\lambda/4$ 板を通して直線偏光とし、この半導体光増幅器を用いて光信号を増幅すると、偏波依存性を生じることなく増幅特性を向上させることができた。この半導体光増幅器を利用した波長変換素子及び高速動作可能な光-光スイッチング素子では、インサクションロスが低減でき、S/N比のよい信号光が得られた。また、 $\lambda/4$ 板を通して直線偏光を得た後、偏光面を位置合わせしてYAG溶接し、半導体光増幅器を作製した。すると、この場合にはさらに光増幅特性を向上させることができた。

#### 【0032】7) 反射機構を備えた光モジュール

上述のように作製した光モジュールの外側に、選択的に特定の波長を反射する反射機構である、光ファイバークレーティングを設けた。このときに、入射光の発振モードの乱れを抑制することができ、波長選択性に優れた光モジュールが作製できた。さらに、光信号のロスも小さ

くなり、光強度が増した。

【0033】

【発明の効果】本発明の光モジュールは、製造が容易で、機械的強度があり、光信号の偏光面の崩れを生じない。さらに、本発明の光モジュールは、偏光消光比が-30dB以下と小さく、光通信に好適に用いられる。また、本発明の光モジュールは、射出する光強度が大きく、射出光のモード安定性に優れている。

【図面の簡単な説明】

【図1】 気密封止容器窓部の概略構成図である。

【図2】 角度 $\psi$ 及び $\theta$ の説明図である。

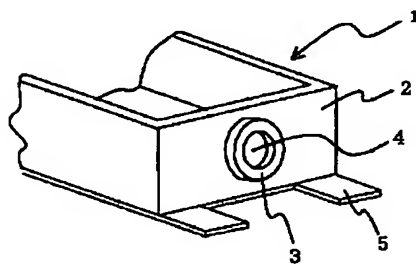
【図3】 角度 $\psi$ 、 $\theta$ 、及び偏光消光比の関係を示す図である。

【図4】  $d$ が1.0mm、 $\lambda$ が1.48 $\mu$ m(0.00148mm)のときの、角度 $\psi$ 、 $\theta$ 、及び偏光消光比の関係を示すグラフである。

【図5】  $d$ が0.5mm、 $\lambda$ が1.48 $\mu$ m(0.00148mm)のときの、角度 $\psi$ 、 $\theta$ 、及び偏光消光比の関係を示すグラフである。

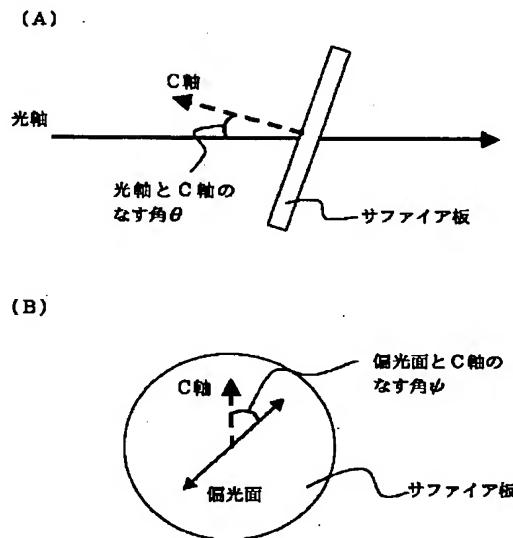
【図6】  $d$ が0.28mm、 $\lambda$ が1.48 $\mu$ m(0.00148mm)のときの、角度 $\psi$ 、 $\theta$ 、及び偏光消光比の関係を示すグラフである。

【図1】



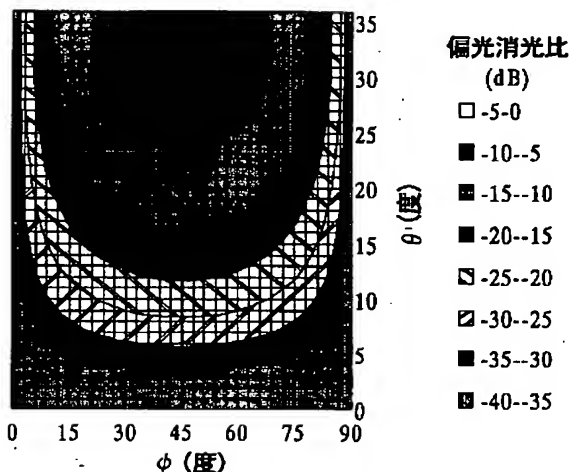
- 1 気密封止容器
- 2 容器側壁
- 3 筒状部
- 4 サファイア板
- 5 底板

【図2】

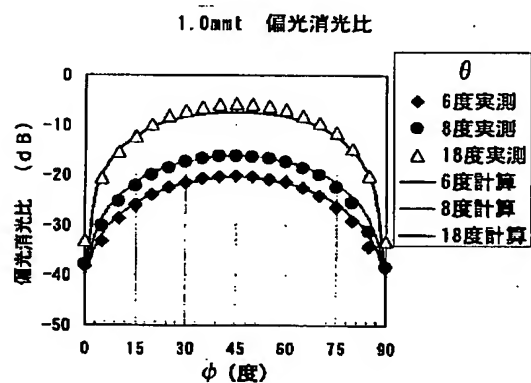


【図3】

### 窓の偏光消光比



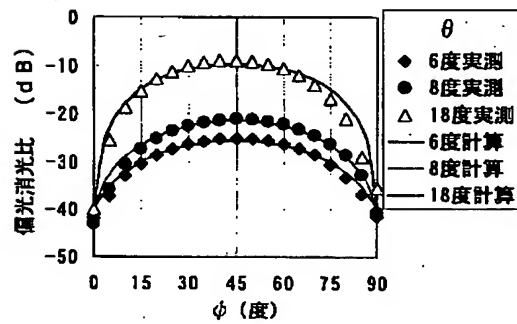
【図4】





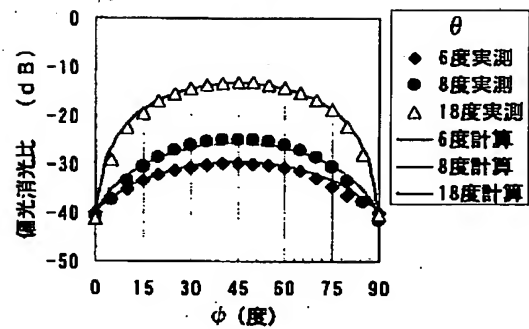
【図5】

0.5mmt 偏光消光比



【図6】

0.28mmt 偏光消光比



フロントページの続き

(72) 発明者 広瀬 孝昭  
 兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1番1号 住友  
 電気工業株式会社伊丹製作所内

Fターム(参考) 2H037 AA01 BA02 BA11 CA03 DA02  
 DA36  
 2H049 BA02 BA07 BA42 BB06 BC12  
 BC25  
 5F073 AB25 AB28 BA01 FA06 FA30